

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/073543 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02D 41/34**,  
41/36, 35/00

Reza [DE/DE]; Gertrud-von-Le-Fort-Str. 12, 93051 Regensburg (DE). **ARLT, Tino** [DE/DE]; Schopperplatz 1, 93059 Regensburg (DE). **RÖSEL, Gerd** [DE/DE]; An der Oberen Au 21, 93055 Regensburg (DE). **ZHANG, Hong** [DE/DE]; Spitzweg Strasse 16, 93105 Tegernheim (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/053065

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. November 2004 (23.11.2004)

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 004 291.8 28. Januar 2004 (28.01.2004) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

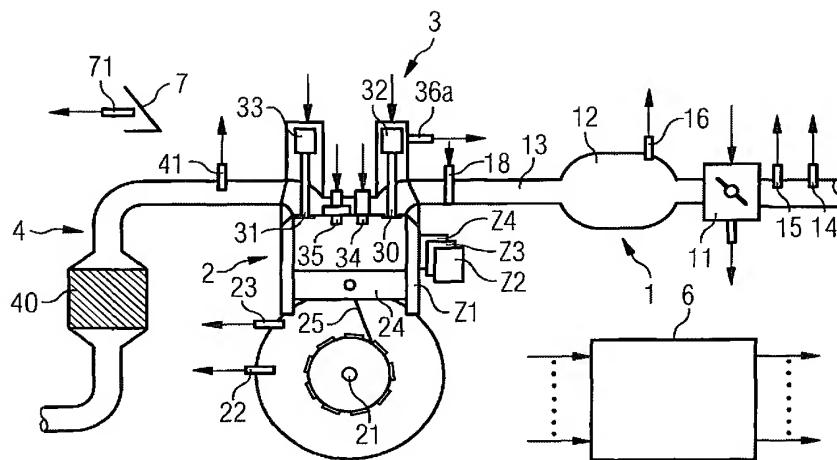
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **ALIAKBARZADEH,**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ADAPTING DETECTION OF A MEASURING SIGNAL OF A WASTE GAS PROBE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ANPASSEN DES ERFASSENS EINES MESSSIGNALS EINER ABGASSONDE



(57) Abstract: The invention relates to a waste gas probe which is disposed in an internal combustion engine, comprising a plurality of cylinders and injection valves associated with the cylinders, in order to measure fuel. The waste gas probe is arranged in a waste gas tract and the measuring signal thereof is characteristic for the air/fuel ratio in the respective cylinder. The measuring signal is detected in relation to a reference position of the piston of the respective cylinder at a predefined crankshaft angle (CRK\_SAMP) and associated with a respective cylinder. A manipulated variable which is used to influence the air/fuel ratio in the respective cylinder according to the measuring signal detected for the respective cylinder is produced by means of a controller. The predefined crankshaft angle (CRK\_SAMP) is adapted according to an instability criterion of the controller.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**WO 2005/073543 A1**



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Eine Abgassonde ist in einer Brennkraftmaschine angeordnet mit mehreren Zylindern und den Zylindern zugeordneten Einspritzventilen, die Kraftstoff zumessen, wobei die Abgassonde in einem Abgastrakt angeordnet ist und ihr Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder. Zu einem vorgegebenen Kurbelwellenwinkel (CRK\_SAMP) wird bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens des jeweiligen Zylinders das Messsignal erfasst und dem jeweiligen Zylinder zugeordnet. Mittels jeweils eines Reglers wird eine Steilgröße zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder erfassten Messsignal erzeugt. Der vorgegebene Kurbelwellenwinkel (CRK\_SAMP) wird abhängig von einem Instabilitätskriterium des Reglers angepasst.

## Beschreibung

### Verfahren zum Anpassen des Erfassens eines Messsignals einer Abgassonde

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anpassen des Erfassens eines Messsignals einer Abgassonde, die in einer Brennkraftmaschine angeordnet ist mit mehreren Zylindern und den Zylindern zugeordneten Einspritzventilen, die Kraftstoff zu messen. Die Abgassonde ist in einem Abgastrakt angeordnet und ihr Messsignal ist charakteristisch für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder.

10 Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich zulässiger Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen, in denen Brennkraftmaschinen angeordnet sind, machen es erforderlich, die Schadstoffemissionen beim Betrieb der Brennkraftmaschine so gering wie möglich zu halten. Dies kann zum einen erfolgen, indem die Schadstoffemissionen verringert werden, die während der Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine entstehen. Zum andern sind in Brennkraftmaschinen Abgasnachbehandlungssysteme im Einsatz, die die Schadstoffemissionen, die während des Verbrennungsprozesses des Luft/Kraftstoff-Gemisches in den jeweiligen Zylindern erzeugt werden, in unschädliche Stoffe umwandeln. Zu diesem Zweck werden Katalysatoren eingesetzt, die Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide in unschädliche Stoffe umwandeln. Sowohl das gezielte Beeinflussen des Erzeugens der Schadstoffemissionen während der Verbrennung als auch das Umwandeln der Schadstoffkomponenten mit einem hohen Wirkungsgrad durch einen Abgaskatalysator setzen ein sehr präzise eingestelltes Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder voraus.

Aus der DE 199 03 721 C1 ist ein Verfahren für eine mehrzy-  
lindrige Brennkraftmaschine zur zylinderselektiven Regelung  
eines zu verbrennenden Luft/Kraftstoff-Gemisches bekannt, bei  
5 dem die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylinder-  
gruppen getrennt sensiert und geregelt werden. Dazu ist eine  
Sonden-Auswerteeinheit vorgesehen, in der eine zeitaufgelöste  
Auswertung des Abassondensignals erfolgt und so ein zylinder-  
selektiver Lambdawert für jeden Zylinder der Brennkraftma-  
schine ermittelt wird. Jedem Zylinder ist ein einzelner Reg-  
ler zugeordnet, der als PI- oder PID-Regler ausgebildet ist,  
dessen Regelgröße ein zylinderindividueller Lambdawert ist  
und dessen Führungsgröße ein zylinderindividueller Sollwert  
des Lambdas ist. Die Stellgröße des jeweiligen Reglers beein-  
10 flusst dann die Einspritzung des Kraftstoffs in den jeweils  
zugeordneten Zylinder.

Die Güte der zylinderindividuellen Lambdaregelung hängt maß-  
geblich davon ab, wie präzise das Messsignal der Abgassonde  
20 dem Abgas des jeweiligen Zylinders zugeordnet ist. Während  
des Betriebs der Abgassonde kann sich deren Ansprechverhalten  
ändern und somit auch der Grad der Präzision der Zuordnung  
des Messsignals der Abgassonde zu den Abgasen des jeweiligen  
Zylinders.

25

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Anpassen  
des Erfassens eines Messsignals einer Abgassonde zu schaffen,  
das über eine lange Betriebsdauer ein einfaches und präzises  
Steuern einer Brennkraftmaschine ermöglicht, in der die Ab-  
30 gassonde anordenbar ist.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

- 5 Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Anpassen des Erfassens eines Messsignals einer Abgassonde. Die Abgassonde ist in einer Brennkraftmaschine angeordnet mit mehreren Zylindern und mit den Zylindern zugeordneten Einspritzventilen, die Kraftstoff  
10 zumessen. Die Abgassonde ist in einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine angeordnet und ihr Messsignal ist charakteristisch für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder.
- 15 Zu einem vorgegebenen Kurbelwellenwinkel bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens des jeweiligen Zylinders wird das Messsignal erfasst und dem jeweiligen Zylinder zugeordnet. Mittels jeweils eines Reglers wird eine Stellgröße zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen  
20 Zylinder abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder erfassenen Messsignal erzeugt. Der vorgegebene Kurbelwellenwinkel wird abhängig von einem Instabilitätskriterium des Reglers angepasst.
- 25 Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass die Regelgüte des Reglers nur dann maßgeblich durch den Kurbelwellenwinkel, bei dem das Messsignal erfasst wird, beeinflusst wird, wenn ein Instabilitätskriterium erfüllt ist, wenn also der Regler instabil arbeitet. Die Erfindung nutzt  
30 diese Erkenntnis, indem der vorgegebene Kurbelwellenwinkel abhängig von dem Instabilitätskriterium des Regler angepasst wird. Die Anpassung kann sehr einfach sein und gleichzeitig

sehr schnell erfolgen und so auf einfache Weise eine hohe Regelgüte des Reglers gewährleisten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung hängt das  
5 Instabilitätskriterium ab von der oder den Stellgrößen des dem jeweiligen Zylinder zugeordneten Reglers und/oder weiteren Reglern, die anderen Zylindern zugeordnet sind. So kann das Messsignal besonders einfach und schnell angepasst werden.

10

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Instabilitätskriterium erfüllt, wenn die Stellgröße beziehungsweise die Stellgrößen für eine vorgegebene Zeitdauer gleich ist beziehungsweise sind ihrem Grenz-Maximalwert, 15 auf den sie durch den beziehungsweise die Regler begrenzt wird beziehungsweise werden, oder gleich ist beziehungsweise sind ihrem Grenz-Minimalwert, auf den sie durch den beziehungsweise die Regler begrenzt wird beziehungsweise werden. Dadurch kann einfach erkannt werden, ob die Regelung instabil 20 ist und dann eine entsprechende Anpassung des vorgegebenen Kurbelwellenwinkels erfolgen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zum Erfüllen des Instabilitätskriteriums erforderlich, 25 dass alle Stellgrößen für die vorgegebene Zeitdauer gleich sind ihrem Grenz-Maximalwert, auf den sie durch die Regler begrenzt werden oder gleich sind ihrem Grenz-Minimalwert, auf den sie durch die Regler begrenzt werden und dies für die Stellgrößen aller Zylinder gilt. So kann besonders zuverlässig die Instabilität der Regelung erkannt werden und insbesondere verhindert werden, dass ein Komponentenfehler, zum Beispiel der eines Einspritzventils, fehlerhaft auf eine Instabilität der Regelung erkannt wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zum Erfüllen des Instabilitätskriteriums erforderlich, dass bei einer geraden Anzahl an Zylindern die eine Hälfte 5 der Stellgrößen gleich ist dem Grenz-Maximalwert und die andere Hälfte gleich ist dem Grenz-Minimalwert und dass bei einer ungeraden Anzahl an Zylindern eine erste Anzahl an Stellgrößen gleich ist dem Grenz-Maximalwert und eine zweite Anzahl an Stellgrößen gleich ist dem Grenz-Minimalwert, wobei 10 die erste Anzahl sich von der zweiten um eins unterscheidet und die Summe der ersten und zweiten Anzahl gleich ist der ungeraden Anzahl an Zylindern. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass dies charakteristisch ist für eine instabile Regelung bei einer geraden Zylinderanzahl und entsprechend 15 bei einer ungeraden Zylinderanzahl.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird auf einen Fehler des Einspritzventils oder eines Stellglieds erkannt, dass ausschließlich die Luftzufuhr zu dem jeweiligen Zylinder beeinflusst, wenn die Stellgröße des jeweiligen Zylinders für eine vorgegebene Zeitdauer gleich ist ihrem Grenz-Maximalwert, auf den sie durch den Regler begrenzt wird, oder gleich ist ihrem Grenz-Minimalwert, auf den sie durch den Regler begrenzt wird, und mindestens eine Stellgröße, die einem anderen Zylinder zugeordnet ist, ungleich ist dem Grenz-Maximalwert oder dem Grenz-Minimalwert. So kann zusätzlich ein Fehler eines Einspritzventils erkannt werden und dann nicht fälschlicherweise der Kurbelwellenwinkel der Erfassung des Messsignals verändert werden. 25

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Instabilitätskriterium erfüllt, wenn mindestens die einem Zylinder zugeordnete Stellgröße mit einer Amplitude

schwingt, die größer ist als eine vorgegebene Schwellenwert-Amplitude. So kann insbesondere bei einer ungeraden Zylinderanzahl die Instabilität der Regelung sicher erkannt werden.

- 5 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfassen die Regler je einen Beobachter, der eine Zustandsgröße ermittelt abhängig von den erfassten Messsignalen der Abgassonde, wobei eine die Zustandsgröße charakterisierende Größe des Beobachters rückgekoppelt wird und bei dem das Instabilitätskriterium abhängt von einer oder mehreren der Zustandsgrößen. Dadurch kann das Instabilitätskriterium besonderes einfacher sein.
- 10

Weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung im Hinblick auf die Zustandsgröße oder die Zustandsgrößen entsprechen denen bezogen auf die Stellgröße oder die Stellgrößen und weisen entsprechende Vorteile auf.

Vorteilhaft ist es ferner, wenn das Anpassen des vorgegebenen Kurbelwellenwinkels mit einer Schrittweite erfolgt, die einem vorgegebenen Bruchteil des erwarteten Stabilitätsbereichs der Regelung entspricht. Der Bruchteil wird bevorzugt in etwa 1/5 des erwarteten Stabilitätsbereichs der Regelung gewählt. So kann das Anpassen des vorgegebenen Kurbelwellenwinkels sehr schnell erfolgen und zwar je nach Wahl der Schrittweite und gleichzeitig ist dann ein geringer Rechenaufwand notwendig, da es nur wesentlich ist, dass der Stabilitätsbereich erreicht wird.

20

25

30 Wenn das Messsignal der Abgassonde charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder eines ersten Teils aller Zylinder und eine weitere Abgassonde vorgesehen ist, deren Messsignal charakteristisch ist für das

Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder eines zweiten Teils aller Zylinder, erfolgt vorteilhaft das Anpassen des Erfassens des Messsignals der Abgassonde und der weiteren Abgassonde getrennt und jeweils bezogen auf den ersten  
5 Teil beziehungsweise den zweiten Teil aller Zylinder.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- 10 Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuereinrichtung,  
Figur 2 ein Blockschaltbild der Steuereinrichtung,  
Figur 3 ein erstes Ablaufdiagramm eines Programms zum Anpas-  
sen des Erfassens eines Messsignals einer Abgassonde,  
Figur 4 ein weiteres Programm zum Anpassen des Erfassens des  
15 Messsignals der Abgassonde und  
Figur 5 noch ein weiteres Ablaufdiagramm eines Programms zum  
Anpassen des Erfassens des Messsignals der Abgasson-  
de.
- 20 Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenüber-  
greifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgas-  
25 trakt 4. Der Ansaugtrakt 1 umfasst vorzugsweise eine Drossel-  
klappe 11, ferner einen Sammler 12 und ein Saugrohr 13, das  
hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Mo-  
torblock 2 geführt ist. Der Motorblock 2 umfasst ferner eine  
Kurbelwelle 21, welche über eine Pleuelstange 25 mit dem Kol-  
30 ben 24 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit einem Gas-  
einlassventil 30, einem Gasauslassventil 31 und Ventilantrie-

ben 32, 33. Der Zylinderkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 34 und eine Zündkerze 35. Alternativ kann das Einspritzventil auch in dem Ansaugkanal angeordnet sein.

- 5   Der Abgastrakt 4 umfasst einen Katalysator 40, der bevorzugt als Dreiegekatalysator ausgebildet ist. Von dem Abgastrakt 4 kann eine Abgasrückführleitung hin zum Ansaugtrakt 1, insbesondere hin zum Sammler 12 geführt sein.
- 10   Ferner ist eine Steuereinrichtung 6 vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 steuert abhängig von mindestens einer der Messgrößen die Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe an.  
15   Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, welcher die Stellung eines Fahrpedals 7 erfasst, ein Luftmassenmesser 14, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 11 erfasst, ein Temperatursensor 15, welcher die Ansauglufttemperatur erfasst, ein Drucksensor 16, welcher den Saugrohrdruck erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 22, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst, dem dann eine Drehzahl N zugeordnet wird, ein weiterer Temperatursensor 23, welcher eine Kühlmitteltemperatur erfasst, ein Nockenwellenwinkelsensor 25 36a, welcher den Nockenwellenwinkel erfasst und eine Abgassonde 41 welche einen Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst und deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Zylinder Z1. Die Abgassonde 41 ist bevorzugt als lineare Lambdasonde ausgebildet und erzeugt so über einen weiten Bereich des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses ein zu diesem proportionales Messignal.

Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren oder auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

- 5 Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 11, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 30, 31, das Einspritzventil 34 oder die Zündkerze 35.

Neben dem Zylinder Z1 sind auch noch weitere Zylinder Z2-Z4 10 vorgesehen, denen dann auch entsprechende Stellglieder zugeordnet sind. Bevorzugt ist jeder Abgsbank an Zylindern eine Abgassonde zugeordnet. So kann die Brennkraftmaschine beispielweise sechs Zylinder umfassen, wobei jeweils drei Zylinder einer Abgasbank und dementsprechend je einer Abgassonde 15 41 zugeordnet sind.

Ein Blockschaltbild von Teilen der Steuereinrichtung 6, die auch als Vorrichtung zum Steuern der Brennkraftmaschine bezeichnet werden kann, ist anhand der Figur 2 dargestellt.

20 Ein Block B1 entspricht der Brennkraftmaschine. Einem Block B2 wird ein von der Abgassonde 41 erfasstes Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM\_RAW zugeleitet. Zu jeweils vorgegebenen Kurbelwellenwinkeln CRK\_SAMP bezogen auf eine Bezugsposition des 25 jeweiligen Kolbens des jeweiligen Zylinders Z1 bis Z4 erfolgt dann in dem Block B2 eine Zuordnung des in diesem Zeitpunkt jeweils aktuellen erfassten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, das aus dem Messsignal der Abgassonde 41 abgeleitet wird, zu dem jeweiligen Luft/Kraftstoff-Verhältnis des jeweiligen Zy- 30 linders Z1 bis Z4 und so wird das zylinderindividuell erfasszte Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM\_I [Z1-Z4] zugeordnet.

Die Bezugsposition des jeweiligen Kolbens 24 ist bevorzugt sein oberer Totpunkt. Der vorgegebene Kurbelwellenwinkel CRK\_SAMP ist beispielsweise für eine erste Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine fest appliziert und wird im folgenden anhand der weiter unten beschriebenen Programme gegebenenfalls angepasst.

In einem Block B2a wird ein mittleres Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM\_MW durch Mittelung der zylinderindividuell erfassten Luft/Kraftstoff-Verhältnisse LAM\_I [Z1-Z4] ermittelt. Ferner wird in dem Block B2a ein Istwert D\_LAM\_I [Z1] einer zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnis Abweichung aus der Differenz des mittleren Luft/Kraftstoff-Verhältnisses LAM\_MW und des zylinderindividuell erfassten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses LAM\_I [Z1] ermittelt. Diese wird dann einem Regler zugeführt, der durch den Block B3a gebildet ist.

In einer Summierstelle S1 für die Differenz des Istwertes D\_LAM\_I [Z1] und eines Schätzwertes D\_LAM\_I\_EST [Z1] der zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnis Abweichung ermittelt und dann einem Block B3 zugeordnet, der Teil eines Beobachters ist und ein Integrierglied umfasst, das die an seinem Eingang anliegende Größe integriert. Das I-Glied des Blocks B3 stellt dann an seinem Ausgang einen ersten Schätzwert EST1 [Z1] zur Verfügung. Der erste Schätzwert EST1 [Z1] wird in dem Integrationsglied des Block B3 auf einen Grenz-Minimalwert MINV1 und einen Grenz-Maximalwert MAXV1 begrenzt, die bevorzugt fest vorgegeben sind.

Der erste Schätzwert EST1[Z1] wird dann zum einen einem auch Bestandteil des Beobachters bildenden Verzögerungsglied zugeführt, das in dem Block B4 ausgebildet ist. Das Verzögerungsglied ist bevorzugt als PT1-Glied ausgebildet. Gegebenenfalls

werden dem Verzögerungsglied auch noch die jeweils ersten Schätzwerte EST1[Z2-Z4] bezogen auf die weiteren Zylinder [Z2-Z4] zugeführt. Der erste Schätzwert EST1[Z1] bildet eine Zustandsgröße des Beobachters.

5

Der erste Schätzwert EST1[Z1] wird ferner einem Block B5 zugeführt, in dem ein weiteres Integratorglied ausgebildet ist, das den ersten Schätzwert EST1[Z1] integriert und als Stellgröße des Reglers dann an seinem Ausgang einen zylinderindividuellen Lambdaregelfaktor LAM\_FAC\_I [Z1] erzeugt. In dem I-Glied des Blockes B5 wird der zylinderindividuelle Lambdaregelfaktor LAM\_FAC\_I [Z1] auf ein Grenz-Maximalwert MAXV2 und eine Grenz-Minimalwert MINV2 begrenzt.

15 In einem Block B6 wird abhängig von dem zylinderindividuellen Lambdaregelfaktor LAM\_FAC\_I [Z1] ein zweiter Schätzwert EST2 [Z1] ermittelt. Dies erfolgt besonderes einfach durch Gleichsetzen des zweiten Schätzwertes EST2 [Z1] mit dem zylinderindividuellen Lambdaregelfaktor LAM\_FAC\_I [Z1]. In der Summierstelle S2 wird dann die Differenz des über das Verzögerungsglied des Blockes B4 gefilterten ersten Schätzwertes EST1 [Z1] und des zweiten Schätzwertes EST2 [Z1] gebildet und als Schätzwert D\_LAM\_I\_EST [Z1] der zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisabweichung zur Summierstelle S1 zurückgeführt und hier von dem Istwert D\_LAM\_I [Z1] der jeweiligen zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisabweichung subtrahiert und so rückgekoppelt und dann wieder dem Block B3 eingespeist.

20

25

30 In einem Block B8 ist ein Lambdaregler vorgesehen, dessen Führungsgröße ein für alle Zylinder der Brennkraftmaschine vorgegebenes Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist und dessen Regelgröße das mittlere Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM\_MW ist. Die

Stellgröße des Lambdareglers ist ein Lambdaregelfaktor LAM\_FAC\_ALL. Der Lambdaregler hat somit die Aufgabe, dass betrachtet über alle Zylinder Z1 bis Z4 der Brennkraftmaschine das vorgegebene Luft/Kraftstoff-Verhältnis eingestellt wird.

5

Alternativ kann dies auch dadurch erreicht werden, dass in dem Block B2 der Istwert D\_LAM\_I der zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnis Abweichung aus der Differenz des für alle Zylinder Z1 bis Z4 der Brennkraftmaschine vorgegebenen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und des zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses LAM\_I[Z1-Z4] ermittelt wird. In diesem Fall kann dann der dritte Regler des Blocks B8 entfallen.

15 In einem Block B9 wird eine zuzumessende Kraftstoffmasse MFF abhängig von einem Luftmassenstrom MAF in den jeweiligen Zylindern Z1 bis Z4 und gegebenenfalls der Drehzahl N und einem Sollwert LAM\_SP des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses für alle Zylinder Z1-Z4 ermittelt.

20

In der Multiplizierstelle M1 wird eine korrigierte zuzumessende Kraftstoffmasse MFF\_COR durch Multiplizieren der zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF, des Lambdaregelfaktors LAM\_FAC\_ALL und des zylinderindividuellen Lambdaregelfaktors LAM\_FAC\_I[Z1] ermittelt. Abhängig von der korrigierten zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF\_COR wird dann ein Stellsignal erzeugt, mit dem das jeweilige Einspritzventil 34 angesteuert wird.

30 Neben der in dem Blockschaltbild der Figur 2 dargestellten Reglerstruktur sind für jeden weiteren Zylinder Z1 bis Z4 entsprechende Reglerstrukturen B\_Z2 bis B\_Z4 für die jeweiligen weiteren Zylinder Z2 bis Z4 vorgesehen.

Alternativ kann in dem Block B5 auch ein Proportionalglied ausgebildet sein.

- 5 Ein Programm zum Anpassen des Erfassens des Messsignals der Abgassonde 41 wird in einem Schritt S1, bevorzugt zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine, gestartet. In dem Schritt S1 werden gegebenenfalls Variablen initialisiert (Fig. 3).
- 10 In einem Schritt S2 wird geprüft, ob der zylinderindividuelle Lamdaregelfaktor LAM\_FAC\_I [Z1], der dem Zylinder Z1 zugeordnet ist, gleich ist dem Grenz-Maximalwert MAXV2 oder einem Grenz-Minimalwert MINV2 und zwar für eine vorgegebene Zeitdauer, so zum Beispiel fünf bis zehn Sekunden, oder ob die
- 15 Amplitude AMP des zylinderindividuellen Lamdaregelfaktors LAM\_FAC\_I [Z1], der dem Zylinder Z1 zugeordnet ist, eine vorgegebene Schwellenwert-Amplitude AMP\_THR überschreitet. Ist dies nicht der Fall, so gilt ein Instabilitätskriterium als nicht erfüllt und die Bearbeitung wird in einem Schritt S4 fortgesetzt, in dem das Programm für eine vorgegebene Wartezeitdauer T\_W unterbrochen wird, bevor die Bedingung des Schrittes S2 erneut geprüft wird.

Ist die Bedingung des Schrittes S2 hingegen erfüllt, so gilt das Instabilitätskriterium als erfüllt und der vorgegebene Kurbelwellenwinkel CRK\_SAMP bezogen auf die Bezugsposition des Kolbens 24 des jeweiligen Zylinders Z1 bis Z4, bei dem das Messsignal der Abgassonde 41 erfasst wird und dem jeweiligen Zylinder zugeordnet wird, wird in dem Schritt S6 angepasst, bevorzugt dadurch, dass der vorgegebene Kurbelwellenwinkel CRK\_SAMP um einen vorgegebenen Veränderungswinkel D entweder erhöht oder erniedrigt wird. Der Veränderungswinkel D ist bevorzugt ein vorgegebener Bruchteil des erwarteten

Kurbelwellenwinkelbereichs, innerhalb der die Regelung stabil ist. Dieser erwartete Kurbelwellenwinkelbereich ist bevorzugt durch Versuche ermittelt und zwar für den Neuzustand der Brennkraftmaschine. Er kann bei einer vierzyindrigen Brennkraftmaschine beispielsweise  $180^\circ$  Kurbelwellenwinkel betragen. Der Veränderungswinkel D ist bevorzugt bezogen auf den Kurbelwellenwinkelbereich großer Winkel und beträgt beispielsweise 20 % des Kurbelwellenwinkelbereichs also zum Beispiel in etwa  $40^\circ$  Kurbelwellenwinkel. Die Richtung der Anpassung des vorgegebenen Kurbelwellenwinkels CRK\_SAMP wird bevorzugt durch zwei oder mehrere aufeinanderfolgende Durchläufe der Schritte S2 und S6 unter Einbeziehung des Startzustandes, also des Instabilitätskriteriums, mit unterschiedlichen Vorzeichen des Veränderungswinkels D ermittelt.

15

Durch die bevorzugt große Schrittweite der Anpassung des vorgegebenen Kurbelwellenwinkels CRK\_SAMP aufgrund des großen Veränderungswinkels D kann innerhalb sehr weniger Durchläufe der Schritte S2 und S6 der stabile Bereich der Regelung gefunden werden, der dadurch gekennzeichnet ist, dass das Instabilitätskriterium des Schrittes S2 nicht erfüllt ist.

20

Aufgrund der Erkenntnis, dass die Güte der Regelung innerhalb des Stabilitätsbereichs annähernd gleich ist kann ein rechen- und zeitaufwendiges Suchen eines Optimums der Güte der Regelung verzichtet werden und so sehr schnell eine Regelung mit sehr hoher Güte eingestellt werden.

30

Eine zweite Ausführungsform eines Programms zum Anpassen des Erfassens des Messsignals der Abgassonde 41 ist anhand der Figur 4 dargestellt. Das Programm wird in einem Schritt S10 gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Es wird beispielhaft für eine Brennkraftmaschine be-

schrieben, bei der drei Zylinder Z1-Z3 einer Abgassonde 41 zugeordnet sind. Dies kann zum Beispiel der Fall sein bei einer Brennkraftmaschine mit drei Zylindern Z1-Z3 oder auch bei einer Brennkraftmaschine mit sechs Zylindern, bei der jeweils 5 die Abgaskanäle von drei Zylindern Z1-Z3 hin zu je einer Abgassonde 41 geführt sind. Bei einer derartigen Brennkraftmaschine mit sechs Zylindern wird dann für je drei Zylinder einmal parallel das Programm gemäß der folgenden Schritte abgearbeitet. Das Programm ist jedoch auch geeignet zur Durchführung, wenn der jeweiligen Abgassonde 41 eine andere Anzahl 10 an Zylindern zugeordnet sind, wobei dann die Bedingungen entsprechend dieser Anzahl angepasst sind.

In dem Schritt S12 werden die zylinderindividuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1], LAM\_FAC\_I [Z2], LAM\_FAC\_I [Z3], 15 die den Zylindern Z1 bis Z3 zugeordnet sind, daraufhin geprüft, ob sie für die vorgegebene Zeitdauer den Grenz-Maximalwert MAXV2 oder den Grenz-Minimalwert MINV2 einnehmen oder ihr zeitlicher Verlauf mit einer Amplitude AMP schwingt, 20 die größer ist als die vorgegebene Schwellenwert-Amplitude AMP\_THR.

In einer einfachen Ausgestaltung des Schrittes S12 kann die Amplitude AMP jeweils auch dadurch bestimmt werden, dass die 25 während der vorgegebenen Zeitdauer auftretenden maximalen und minimalen Werte des zeitlichen Verlaufs des zylinderindividuellen Lambdaregelfaktors LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] erfasst werden und deren Differenz gleichgesetzt wird mit der Amplitude AMP.

30 In einem Schritt S14 wird anschließend geprüft, ob die Anzahl der zylinderindividuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3], die in dem Schritt S12 dahingehend erfasst wurden, dass sie für die vorgegebenen Zeitdauer gleich waren dem

Grenz-Maximalwert MAXV2 oder dem Grenz-Minimalwert MINV2 größer null ist und gleichzeitig deren Anzahl kleiner drei ist.

Ist dies der Fall, so wird in einem Schritt S16 auf einen Fehler einer Komponente erkannt. Diese Komponente kann das jeweilige Einspritzventil 34 des oder der Zylinder Z1-Z3 sein, deren zylinderindividueller Lambdaregelfaktor LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] für die vorgegebene Zeitdauer den Grenz-Maximalwert MAXV2 oder den Grenz-Minimalwert MINV2 eingenommen hat. Dies beruht auf der Erkenntnis, dass wenn nicht alle zylinderindividuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] die je einer Abgassonde 41 zugeordnet sind, sondern nur ein Teil von ihnen den Grenz-Maximalwert MAXV2 oder den Grenz-Minimalwert MINV2 einnimmt, dies nicht auf eine Instabilität der Regelung zurückzuführen ist, sondern auf einen Fehler in einer Komponente. Die Komponente kann das jeweilige Einspritzventil 34 sein oder auch ein Stellglied, das ausschließlich die Luftzufuhr zu dem jeweiligen Zylinder Z1-Z3 beeinflusst. Ein derartiges Stellglied kann beispielsweise das Einlassventil 30 oder auch ein sogenanntes Impulsladeventil sein.

In dem Schritt S16 kann dann beispielsweise ein Notlauf der Brennkraftmaschine gesteuert werden oder gegebenenfalls auch Maßnahmen zum Beheben des Fehlers der Komponenten eingeleitet werden. Im Anschluss an den Schritt S16 wird die Bearbeitung in dem Schritt S18 fortgesetzt, in dem das Programm für die vorgegeben Wartezeitdauer T\_W unterbrochen wird bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S12 fortgesetzt wird.

30

Ist die Bedingung des Schrittes S14 hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S20 ein Instabilitätskriterium geprüft. Es wird in dem Schritt S20 geprüft, ob die Anzahl ANZ

der zylinderindividuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3], die für die vorgegebene Zeitdauer in dem Schritt S12 den Grenz-Maximalwert MAXV2 eingenommen haben, gleich zwei ist und die entsprechende Anzahl derjenigen, die den Grenz-  
5 Minimalwert MINV2 eingenommen haben gleich eins ist oder die Anzahl ANZ derjenigen, die den Grenz-Maximalwert MAXV2 einge-  
nommen haben gleich eins ist und die Anzahl derjenigen, die den Grenzwert-Minimalwert MINV2 eingenommen haben gleich zwei ist oder die Anzahl derjenigen zylinderindividuellen Lamda-  
10 regelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3], deren Amplitude AMP größer ist als die Schwellenwert-Amplitude AMP\_THR, größer null ist.

Ist die Bedingung des Schrittes S20 und mithin des Instabili-  
tätskriteriums nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in dem  
15 Schritt S18 fortgesetzt.

Der Bedingung des Schrittes S20 liegt die Erkenntnis zugrun-  
de, dass im Falle einer Instabilität der Regelung bei einer ungeraden Zahl an Zylindern alle zylinderindividuellen Lamb-  
20 daregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] entweder den Grenz-  
Maximalwert MAXV2 oder den Grenz-Minimalwert MINV2 einnehmen und darüber hinaus ein Teil den Grenz-Minimalwert MINV2 und der andere Teil den Grenz-Maximalwert MAXV2 einnehmen wobei sich die Anzahl derer, die den Grenz-Maximalwert MAXV2 ein-  
25 nehmen, nur um eins von der Anzahl unterscheidet, die den Grenz-Minimalwert MINV2 einnehmen. Bei einer geraden Zylin-  
deranzahl ist in diesem Fall genau die eine Hälfte der zylin-  
derindividuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] gleich dem Grenz-Maximalwert MAXV2 und die andere Hälfte  
30 gleich dem Grenz-Minimalwert MINV2. Untersuchungen haben ge-  
zeigt, dass insbesondere bei einer ungeraden Zylinderanzahl auch dann eine Instabilität der Regelung vorliegt, wenn die Amplitude AMP der Schwingung des Verlaufs der jeweiligen zy-

linder individuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] größer ist als die vorgegebene Schwellwert-Amplitude AMP\_THR, die bevorzugt in etwa zwei Drittel der Differenz des Grenz-Maximalwertes MAXV2 und des Grenz-Minimalwertes MINV2 entspricht.

Ist die Bedingung des Schrittes S20 erfüllt, so wird in einem Schritt S22 der vorgegebene Kurbelwellenwinkel CRK\_SAMP entsprechend dem Schritt S6 angepasst. Im Anschluss an den 10 Schritt S22 wird die Bearbeitung des Programms in dem Schritt S18 fortgesetzt.

Eine weitere Ausführungsform des Programms zum Anpassen des Erfassens des Messsignals der Abgassonde 41 wird im folgenden 15 anhand der Figur 5 beschrieben, wobei nur die Unterschiede zu der Ausführungsform gemäß Figur 4 erläutert werden. Das Programm wird in einem Schritt S30 gestartet. Anschließend erfolgt die Bearbeitung eines Schrittes S32, der analog ist zu dem Schritt S12. Im Unterschied zu dem Schritt S12 werden 20 hier die zeitlichen Verläufe des jeweiligen ersten Schätzwertes EST1 [Z1 bis Z3] des dem jeweiligen Zylinder Z1 bis Z4 zugeordneten Reglers dahingehend untersucht, ob sie für die vorgegebene Zeitdauer den Grenz-Maximalwert MAXV1 oder den 25 Grenz-Minimalwert MINV1 einnehmen oder ob ihr zeitlicher Verlauf mit einer Amplitude AMP schwingt, die größer ist als Schwellenwert-Amplitude AMP\_THR.

Alternativ kann in dem Schritt S32 auch statt des jeweiligen ersten Schätzwertes EST1 der mittels des Blocks B4 gefilterte 30 erste Schätzwert EST1 untersucht werden.

Die Schritte S34 und S40 entsprechend analog den Schritten S14 beziehungsweise S20 mit der Maßgabe, dass hier die Bedin-

gungen statt auf die zylinderindividuellen Lambdaregelfaktoren LAM\_FAC\_I [Z1 bis Z3] auf die jeweiligen ersten Schätzwerte EST1 [Z1 bis Z3] bezogen sind. Die Schritte S36, S38 und S42 entsprechen den Schritten S16, S18 und S22.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Anpassen des Erfassens eines Messsignals einer Abgassonde (41), die in einer Brennkraftmaschine angeordnet ist mit mehreren Zylindern (Z1 bis Z4) und den Zylindern (Z1 bis Z4) zugeordneten Einspritzventilen (34), die Kraftstoff zumessen, wobei die Abgassonde (41) in einem Abgastrakt angeordnet ist und ihr Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder,  
10 bei dem
  - zu einem vorgegebenen Kurbelwellenwinkel (CRK\_SAMP) bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens (24) des jeweiligen Zylinders (Z1 bis Z4) das Messsignal erfasst wird und dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) zugeordnet wird,
  - mittels jeweils eines Reglers eine Stellgröße zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) erfassten Messsignal erzeugt wird und
  - der vorgegebene Kurbelwellenwinkel (CRK\_SAMP) abhängig von  
20 einem Instabilitätskriterium des Reglers angepasst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Instabilitätskriterium abhängt von der oder den Stellgrößen des dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) zugeordneten Reglers und/oder weiteren Reglern, die anderen Zylindern (Z1 bis Z4) zugeordnet sind.  
25
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem das Instabilitätskriterium erfüllt ist, wenn die Stellgröße beziehungsweise die Stellgrößen für eine vorgegebene Zeitdauer gleich ist beziehungsweise sind ihrem Grenz-Maximalwert (MAXV2), auf den sie durch den beziehungsweise die Regler begrenzt wird beziehungsweise werden, oder gleich ist beziehungsweise sind ihrem  
30

Grenz-Minimalwert (MINV2), auf den sie durch den beziehungsweise die Regler begrenzt wird beziehungsweise werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem zum Erfüllen des Instabilitätskriteriums erforderlich ist, dass alle Stellgrößen für die vorgegebene Zeitdauer gleich sind ihrem Grenz-Maximalwert (MAXV2), auf den sie durch die Regler begrenzt werden, oder gleich sind ihrem Grenz-Minimalwert (MINV2), auf den sie durch die Regler begrenzt werden, und dies für die 10 Stellgrößen aller Zylinder gilt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem zum Erfüllen des Instabilitätskriteriums erforderlich ist, dass bei einer geraden Anzahl an Zylindern (Z1 bis Z4) die einen Hälfte der Stellgrößen gleich ist dem Grenz-Maximalwert (MAXV2) und die andere Hälfte gleich ist dem Grenz-Minimalwert (MINV2) und dass bei einer ungeraden Anzahl an Zylindern (Z1 bis Z4) eine erste Anzahl an Stellgrößen gleich ist dem Grenz-Maximalwert (MAXV2) und eine zweite Anzahl an Stellgrößen gleich ist dem 20 Grenz-Minimalwert (MINV2), wobei die erste Anzahl sich von der zweiten Anzahl um eins unterscheidet und die Summe der ersten und der zweiten Anzahl gleich ist der ungeraden Anzahl an Zylindern.

25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei dem auf einen Fehler (ERR) des Einspritzventils (34) oder eines Stellglieds erkannt wird, das ausschließlich die Luftzufuhr zu dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) beeinflusst, wenn die Stellgröße des jeweiligen Zylinders (Z1 bis Z4) für eine vor-  
30 gegebene Zeitdauer gleich ist ihrem Grenz-Maximalwert (MAXV2), auf den sie durch den Regler begrenzt wird oder gleich ist ihrem Grenz-Minimalwert (MINV2), auf den sie durch den Regler begrenzt wird und mindestens eine Stellgröße, die

einem anderen Zylinder (Z1 bis Z4) zugeordnet ist, ungleich ist dem Grenz-Maximalwert (MAXV2) oder dem Grenz-Minimalwert (MINV2).

5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem das Instabilitätskriterium erfüllt ist, wenn mindestens die einem Zylinder (Z1 bis Z4) zugeordnete Stellgröße mit einer Amplitude (AMP) schwingt, die größer ist als eine vorgegebene Schwellenwert-Amplitude (AMP\_THR).

10 8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Regler je einen Beobachter umfassen, der eine Zustandsgröße ermittelt abhängig von dem erfassten Messsignal der Abgassonde (41), wobei eine die Zustandsgröße charakterisierende Größe des Beobachters 15 rückgekoppelt wird, und bei dem das Instabilitätskriterium abhängt von einer oder mehreren der Zustandsgrößen.

20 9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Instabilitätskriterium erfüllt ist, wenn die Zustandsgröße beziehungsweise die Zustandsgrößen für eine vorgegebene Zeitdauer gleich ist beziehungsweise sind ihrem Grenz-Maximalwert (MAXV1), auf den sie durch den beziehungsweise die Regler begrenzt wird beziehungsweise werden, oder gleich ist beziehungsweise sind ihrem Grenz-Minimalwert (MINV1), auf den sie durch den beziehungsweise 25 die Regler begrenzt wird beziehungsweise werden.

30 10. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem zum Erfüllen des Instabilitätskriteriums erforderlich ist, dass alle Zustandsgrößen für die vorgegebene Zeitdauer gleich sind ihrem Grenz-Maximalwert (MAXV1), auf den sie durch die Regler begrenzt werden, oder gleich sind ihrem Grenz-Minimalwert (MINV1), auf den sie durch die Regler begrenzt werden, und dies für die Zustandsgrößen aller Zylinder gilt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem zum Erfüllen des Instabilitätskriteriums erforderlich ist, dass bei einer geraden Anzahl an Zylindern (Z1 bis Z4) die einen Hälfte der Zustandsgrößen gleich ist dem Grenz-Maximalwert (MAXV1) und die andere Hälfte gleich ist dem Grenz-Minimalwert (MINV1) und dass bei einer ungeraden Anzahl an Zylindern (Z1 bis Z4) eine erste Anzahl an Zustandsgrößen gleich ist dem Grenz-Maximalwert (MAXV1) und eine zweite Anzahl an Zustandsgrößen gleich ist dem Grenz-Minimalwert (MINV1), wobei die erste Anzahl sich von der zweiten Anzahl um eins unterscheidet und die Summe der ersten und der zweiten Anzahl gleich ist der ungeraden Anzahl an Zylindern.
- 15 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11, bei dem auf einen Fehler (ERR) des Einspritzventils (34) oder eines Stellglieds erkannt wird, das ausschließlich die Luftzufuhr zu dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) beeinflusst, wenn die Zustandsgröße des jeweiligen Zylinders (Z1 bis Z4) für die vorgegebene Zeitdauer gleich ist ihrem Grenz-Maximalwert (MAXV1), auf den sie durch den Regler begrenzt wird oder gleich ist ihrem Grenz-Minimalwert (MINV1), auf den sie durch den Regler begrenzt wird und mindestens eine Zustandsgröße, die einem anderen Zylinder (Z1 bis Z4) zugeordnet ist, ungleich ist dem Grenz-Maximalwert (MAXV1) oder dem Grenz-Minimalwert (MINV1).
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, bei dem das Instabilitätskriterium erfüllt ist, wenn mindestens die einem Zylinder (Z1 bis Z4) zugeordnete Zustandsgröße mit einer Amplitude (AMP) schwingt, die größer ist als eine vorgegebene Schwellenwert-Amplitude (AMP\_THR).

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Anpassen des vorgegebenen Kurbelwellenwinkels (CRK\_SAMP) mit einer Schrittweite erfolgt, die einem vorgegebenen Bruchteil des erwarteten Stabilitätsbereichs entspricht.

5

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem Bruchteil in etwa 1/5 des erwarteten Stabilitätsbereichs entspricht.

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem  
10 das Messsignal der Abgassonde (41) charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) eines ersten Teils aller Zylinder (Z1-Z4) und bei dem eine weitere Abgassonde vorgesehen ist, deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem  
15 jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) eines zweiten Teils aller Zylinder (Z1-Z4) und bei dem dann das Anpassen des Erfassens des Messsignals der Abgassonde (41) und der weiteren Abgassonde getrennt und jeweils bezogen auf den ersten Teil und den zweiten Teil aller Zylinder (Z1-Z4) erfolgt.

20

FIG 1

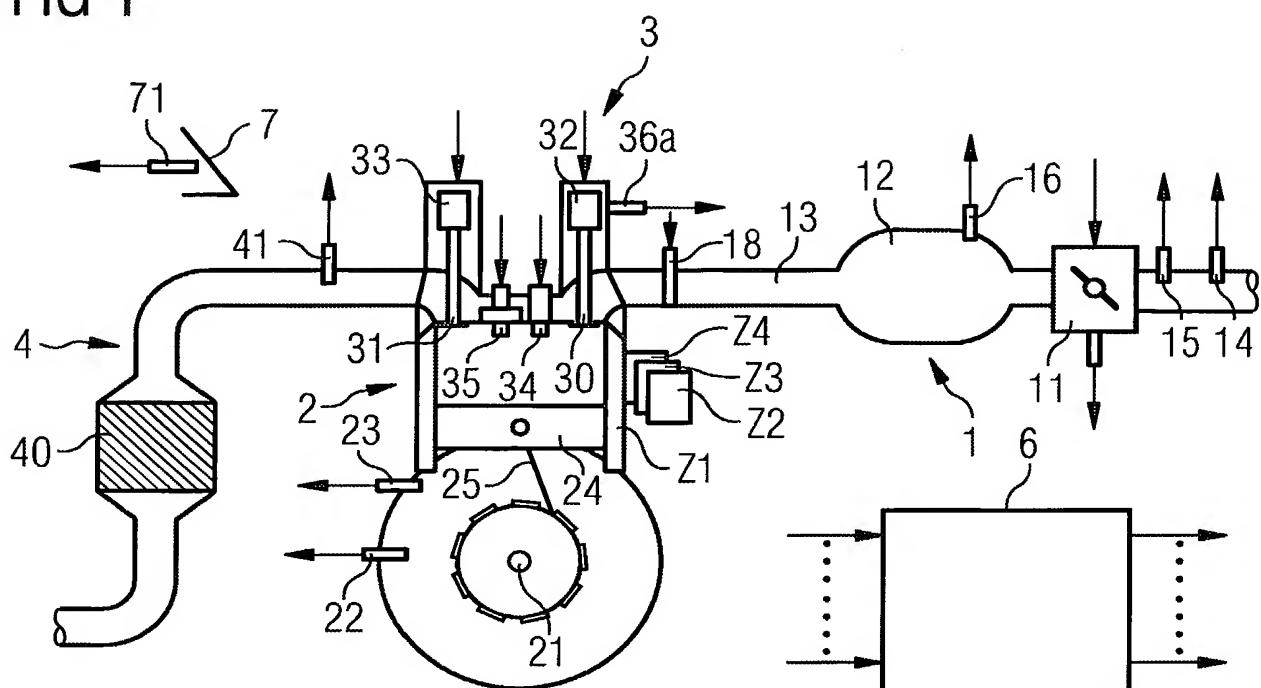


FIG 2

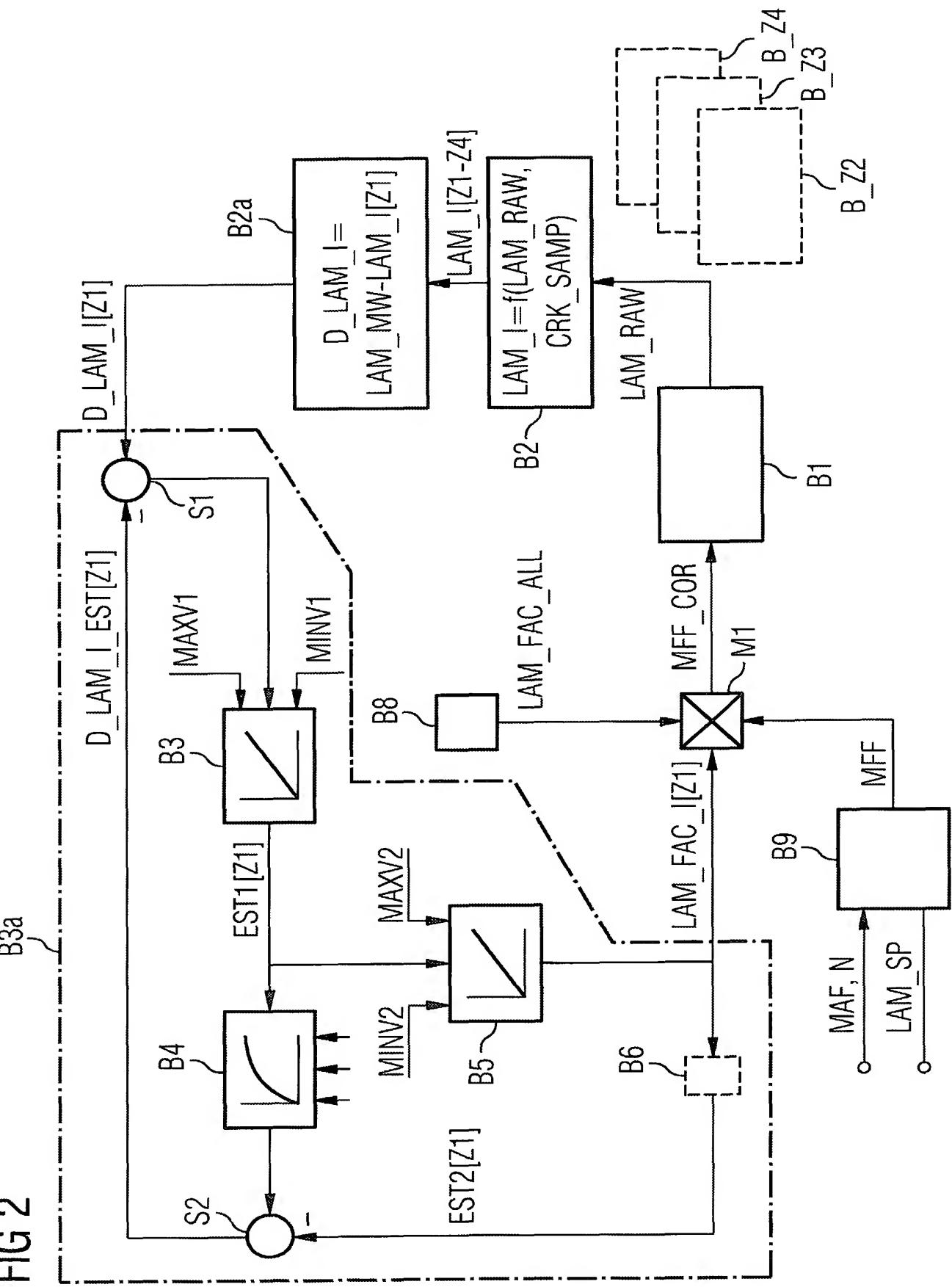


FIG 3

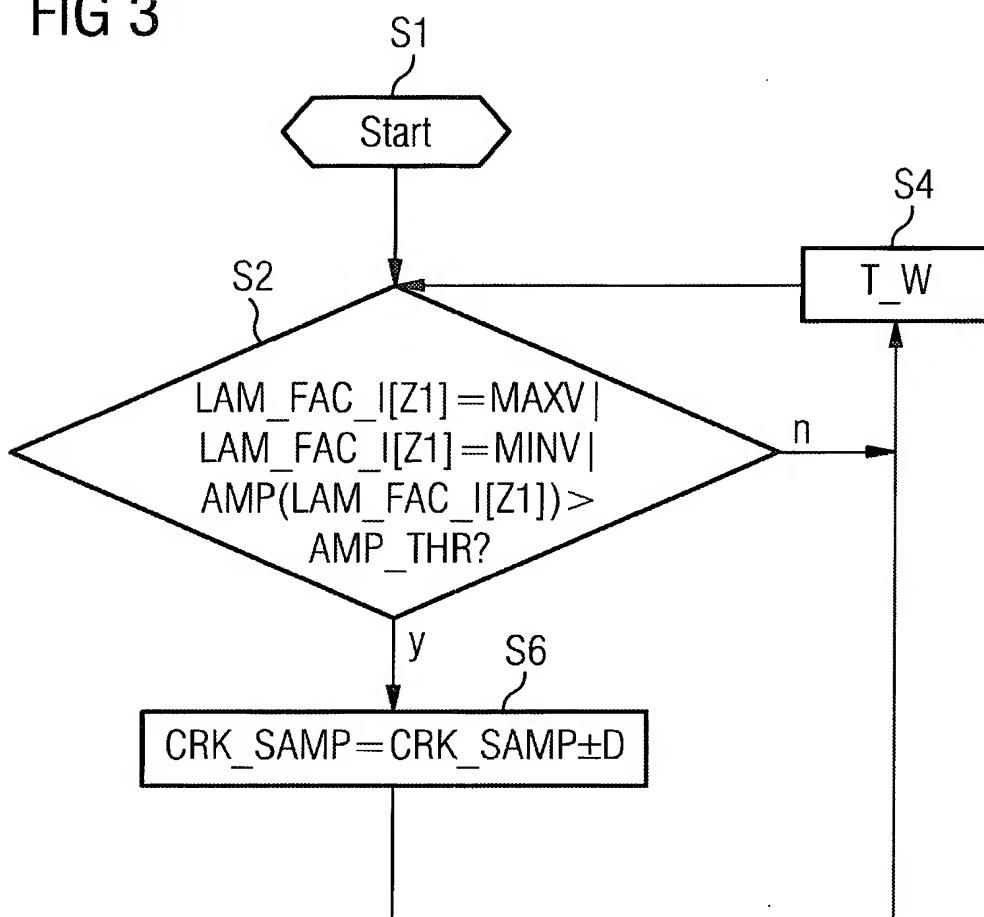


FIG 4

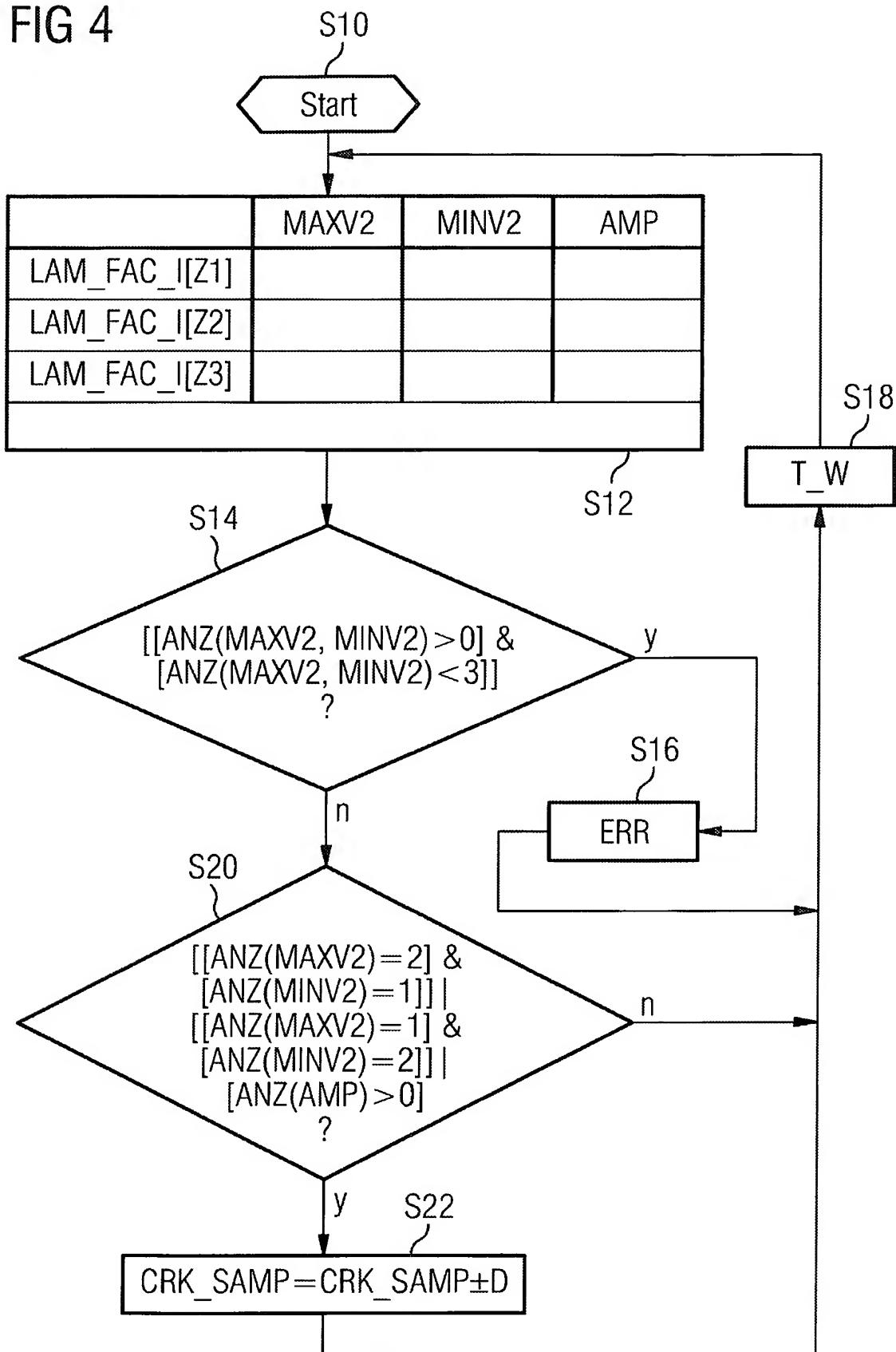
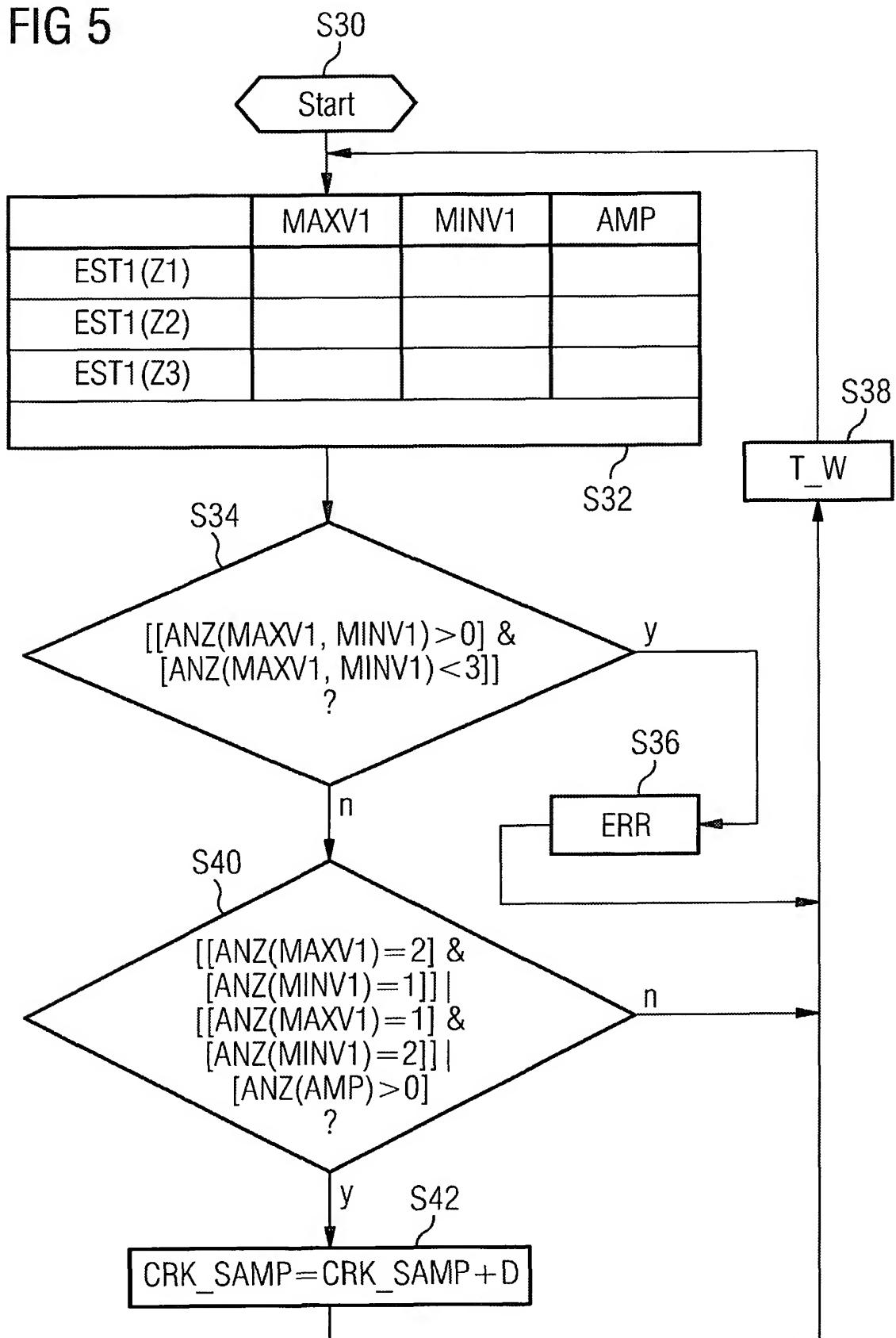


FIG 5



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No

PCT/EP2004/053065

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 F02D41/34 F02D41/36 F02D35/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	DE 103 04 245 B3 (SIEMENS AG) 15 July 2004 (2004-07-15) abstract page 1, paragraph 2 – page 1, paragraph 2 page 1, paragraph 8 – page 2, paragraph 12; figure 2 claim 1 ----- US 2002/139354 A1 (TSUCHIHASHI MASANORI) 3 October 2002 (2002-10-03) abstract page 1, paragraph 4 – page 1, paragraph 4 page 1, paragraph 13 – page 1, paragraph 13 -----	1-16
Y	-----	1-16

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

16 February 2005

23/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jackson, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/053065

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 242 (M-175), 30 November 1982 (1982-11-30) & JP 57 140529 A (NIPPON DENSO KK), 31 August 1982 (1982-08-31) abstract -----	1-16
Y	US 4 495 924 A (UENO ET AL) 29 January 1985 (1985-01-29) abstract -----	1-16
Y	US 2003/110845 A1 (KUMAGAI KATSUHIRO ET AL) 19 June 2003 (2003-06-19) abstract page 1, paragraph 11 – page 1, paragraph 11 page 2, paragraph 18 – page 2, paragraph 20 -----	1-16
Y	US 2002/088446 A1 (WACHI SATOSHI ET AL) 11 July 2002 (2002-07-11) abstract page 2, paragraph 23 – page 2, paragraph 23; figure 1 page 3, paragraph 31 – page 3, paragraph 32 -----	1-16
Y	DE 102 06 402 C1 (SIEMENS AG) 24 April 2003 (2003-04-24) column 2, line 51 – column 2, line 55; figure 2 -----	1-16
Y	US 2003/014967 A1 (DAETZ MICHAEL ET AL) 23 January 2003 (2003-01-23) abstract page 1, paragraph 12 – page 1, paragraph 12 -----	1-16
Y	WO 90/02874 A (ROBERT BOSCH GMBH) 22 March 1990 (1990-03-22) abstract page 10, line 8 – page 10, line 12; figure 9 -----	1-16

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053065

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
DE 10304245	B3	15-07-2004	NONE		
US 2002139354	A1	03-10-2002	JP 2002303186 A		18-10-2002
JP 57140529	A	31-08-1982	NONE		
US 4495924	A	29-01-1985	JP 1651880 C		30-03-1992
			JP 2060858 B		18-12-1990
			JP 58178835 A		19-10-1983
			DE 3312950 A1		20-10-1983
US 2003110845	A1	19-06-2003	JP 2003184626 A		03-07-2003
			CN 1424495 A		18-06-2003
			DE 10257869 A1		10-07-2003
US 2002088446	A1	11-07-2002	JP 2002201984 A		19-07-2002
			DE 10141022 A1		25-07-2002
DE 10206402	C1	24-04-2003	NONE		
US 2003014967	A1	23-01-2003	DE 10130054 A1		02-01-2003
WO 9002874	A	22-03-1990	WO 9002874 A1		22-03-1990
			EP 0387254 A1		19-09-1990
			JP 2885813 B2		26-04-1999
			JP 3501148 T		14-03-1991

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/053065
---

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 F02D41/34 F02D41/36 F02D35/00
--

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	DE 103 04 245 B3 (SIEMENS AG) 15. Juli 2004 (2004-07-15) <b>Zusammenfassung</b> Seite 1, Absatz 2 - Seite 1, Absatz 2 Seite 1, Absatz 8 - Seite 2, Absatz 12; Abbildung 2 Anspruch 1 -----	1-16
Y	US 2002/139354 A1 (TSUCHIHASHI MASANORI) 3. Oktober 2002 (2002-10-03) <b>Zusammenfassung</b> Seite 1, Absatz 4 - Seite 1, Absatz 4 Seite 1, Absatz 13 - Seite 1, Absatz 13 ----- -/-	1-16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die gezeigt ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
16. Februar 2005	23/02/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016
---

Bevollmächtigter Bediensteter

Jackson, S

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/053065
---

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 006, Nr. 242 (M-175), 30. November 1982 (1982-11-30) & JP 57 140529 A (NIPPON DENSO KK), 31. August 1982 (1982-08-31) Zusammenfassung -----	1-16
Y	US 4 495 924 A (UENO ET AL) 29. Januar 1985 (1985-01-29) Zusammenfassung -----	1-16
Y	US 2003/110845 A1 (KUMAGAI KATSUHIRO ET AL) 19. Juni 2003 (2003-06-19) Zusammenfassung Seite 1, Absatz 11 - Seite 1, Absatz 11 Seite 2, Absatz 18 - Seite 2, Absatz 20 -----	1-16
Y	US 2002/088446 A1 (WACHI SATOSHI ET AL) 11. Juli 2002 (2002-07-11) Zusammenfassung Seite 2, Absatz 23 - Seite 2, Absatz 23; Abbildung 1 Seite 3, Absatz 31 - Seite 3, Absatz 32 -----	1-16
Y	DE 102 06 402 C1 (SIEMENS AG) 24. April 2003 (2003-04-24) Spalte 2, Zeile 51 - Spalte 2, Zeile 55; Abbildung 2 -----	1-16
Y	US 2003/014967 A1 (DAETZ MICHAEL ET AL) 23. Januar 2003 (2003-01-23) Zusammenfassung Seite 1, Absatz 12 - Seite 1, Absatz 12 -----	1-16
Y	WO 90/02874 A (ROBERT BOSCH GMBH) 22. März 1990 (1990-03-22) Zusammenfassung Seite 10, Zeile 8 - Seite 10, Zeile 12; Abbildung 9 -----	1-16

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/053065

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10304245	B3	15-07-2004	KEINE		
US 2002139354	A1	03-10-2002	JP 2002303186 A		18-10-2002
JP 57140529	A	31-08-1982	KEINE		
US 4495924	A	29-01-1985	JP 1651880 C		30-03-1992
			JP 2060858 B		18-12-1990
			JP 58178835 A		19-10-1983
			DE 3312950 A1		20-10-1983
US 2003110845	A1	19-06-2003	JP 2003184626 A		03-07-2003
			CN 1424495 A		18-06-2003
			DE 10257869 A1		10-07-2003
US 2002088446	A1	11-07-2002	JP 2002201984 A		19-07-2002
			DE 10141022 A1		25-07-2002
DE 10206402	C1	24-04-2003	KEINE		
US 2003014967	A1	23-01-2003	DE 10130054 A1		02-01-2003
WO 9002874	A	22-03-1990	WO 9002874 A1		22-03-1990
			EP 0387254 A1		19-09-1990
			JP 2885813 B2		26-04-1999
			JP 3501148 T		14-03-1991